



TITLE:

神経興奮・ゆらぎ・散逸構造(非線型・非平衡状態の統計力学,研究会報告)

AUTHOR(S):

松本, 元

---

CITATION:

松本, 元. 神経興奮・ゆらぎ・散逸構造(非線型・非平衡状態の統計力学,研究会報告). 物性研究 1981, 35(6): F32-F34

ISSUE DATE:

1981-03-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/90201>

RIGHT:

0.08のモードに $\lambda = 0.16$ のXのゆらぎをパルス的に与えた場合に $\lambda = 0.16$ のモードに移行するゆらぎの最小値は、その逆に $\lambda = 0.16$ のモードに $\lambda = 0.08$ のゆらぎを与える事により $\lambda = 0.08$ のモードに移らせるゆらぎの最小値よりも大きい。即ち $\lambda = 0.08$ の手が他よりも安定である。この様にここでも、力が一定の境界条件に置かれた系は、流れ即ちエントロピー生成が最大のモードが、外的ゆらぎに対して最も安定なモードになっている様に見える。

## 参 考 文 献

- 1) P. H. Roberts; “Non-equilibrium Thermodynamics, Variational Technique and Stability”, ed, R. J. Donnelly, R. Herman and I. Prigogine (University of Chicago Press 1964).
- 2) 鈴木誠, 東北大学博士論文 (1981 unpublished)
- 3) 例えば「散逸構造」ニコソス, プリゴジーン著, 小島陽之助, 相沢洋二訳 (岩波書店1980)
- 4) 清水裕, 東北大学修士論文 (1981 unpublished)

## 神経興奮・ゆらぎ・散逸構造

電子技術総合研究所 松 本 元

神経細胞の軸索部は電気インパルスによって情報を伝播する器官である。ここでは、イカの巨大軸索の電気興奮現象を物理的な立場から捉える。ここで得た原理は人間を含めた他の動物の神経についてもあてはまるものと思われる。

興奮していない(静止状態にある)軸索では、軸索内の電位は軸索外にくらべ約60mV程度低くなっている。軸索外を基準にした軸索内電位を静止電位(−60mV)という。静止状態にある軸索を興奮させる方法には通常次の2つがある:(1)軸索内電位20mV程度軸索外電位に近づける,(2)軸索外液中に含まれるCaイオン濃度を2mM程度に下げる(通常の外液のCaイオン濃度は10mM)。この2つの方法は神経興奮の構造の立場からみても、もう少しミクロな現象論的立場に立っても等価である<sup>1)</sup>というのが本稿の基礎である。両者の違いは神経興奮発生迄の時間過程にあり、前者がミリ秒と短いのに対し、後者の脱Caの方法ではCa濃度を10mMから1mMに変化させてから興奮が発生する迄数分から15分程度と長い。従って、興奮の発生迄の過程の研究対象としては、外液のCaイオン濃度を下げる方法がよい。ここでは、この方法

で調べた興奮の発生過程と興奮状態について述べる。

脱Caによって誘起した興奮状態の特徴は次の通りである：

(1) 電気インパルスの自励的繰り返し発振が起き、時間的秩序状態（limit cycle の状態）となっている。

(2) 電気インパルスは軸索の決められた局所的な場所（軸索の切り出し端から 1.2—1.7 cm の所）から一定のリズム（20℃で 180 Hz）で発生し、他の場所へ一定の伝播速度（20℃で 15 m/sec）で伝播する。すなわち、軸索は機能的に非一様（構造は一様）である<sup>2)</sup>

このような興奮状態の示す特徴は散逸構造の特徴<sup>3)</sup>と良く一致する。さらに、静止状態から興奮状態への転移の様相を調べる<sup>4)</sup>と、興奮状態の散逸構造としての性格がますます明確になってくる。

(1) 興奮状態に近づくにつれ時間コヒーレンスが良くなり、時間秩序が形成されてくる。この事は、膜電位の微小インパルス応答、膜電位ゆらぎのパワースペクトル解析の実験から明らかにされた。

(2) 興奮状態に近づくにつれ空間的コヒーレンスが良くなり、軸索内の各点での空間的コヒーレンスが 1 になった極限として興奮状態が実験する。この事は、膜電位ゆらぎの空間相関の測定などによって明らかになった。

(3) 興奮状態に至るまで軸索は機能的に一様で、興奮状態になる直前まで非一様の徴候はない。この事は、電圧ゆらぎのパワースペクトルを軸索の各点で同時に測定しながら、軸索の状態を興奮状態に近づけることで明らかになった。

(4) 興奮状態に近づけていったとき、電流ゆらぎは興奮状態のごく近傍で興奮の単位ユニットが 100—500 個集まって出きたと思われる離散的電流ゆらぎ（電流の大きさ 0.5 nA, 1 nA）がみられた。さらに興奮状態の近くに近づくと種々の大きさの離散的電流ゆらぎが出現し、これらの振巾の頻度分布はポアソン分布とはならない。

以上の実験事実は、静止状態から興奮状態への転移は現象的には散逸構造への転移と良く似ていることを示している<sup>1)</sup>。また、さらに電圧で誘起される通常の神経興奮は電圧によって助けられて起る平衡構造から散逸構造への転移であると考えられる。但し、この場合には外からの電圧を切ってしまうと散逸構造から平衡構造へすぐ戻ってしまうので、通常の神経興奮を起すように外からの電圧パルスの時間巾が短かいと活動電位（興奮インパルス）が 1 つのみ出て繰り返すことはなく、このようなことから、神経興奮という生体情報機能の最も基本的過程が平衡構造から散逸構造への転移という非平衡系の構造転移として捉えられることが判った。

松本 元

生体系が非平衡系であるという事と生体機能とが直接結びついている最も典型的な例であり、最初の実験的例証であると思われる。生体が生きているという事は生体機能が正常に活動しているという事と等価であることを考えると生体系が非平衡系であることの物理的意味づけが実験的にはじめて捉えられたと言うことが出来よう。

## 引 用 文 献

- 1) Matsumoto, G. 1981. *Nerve Membrane, Biochemistry and Function of Channel Proteins*, ed. by G. Matsumoto and M. Kotani (The University of Tokyo Press, Tokyo).
- 2) Matsumoto, G. and Aihara, K. A Pacemaker observed in Squid Giant Axons in the State of Self-Sustained Oscillation of Action Potentials. to be submitted to Biophys. J.
- 3) Glansdorff, P. and Prigogine, I. 1971. *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations* (Wiley-Interscience, London and N. Y.).
- 4) Matsumoto, G. and Shimizu, H. Spatial Coherence in Squid Giant Axons. to be submitted to Biophys. J.

## 散逸構造における空間相関の成長

— プラズマ中のイオン音波の場合 —

東 工 大 ・ 理      川久保達之・阿部英昭  
東工大・総理工      梶 島 成 治

エネルギーを絶えずとり込みながら、秩序ある自発的運動を実現し、その結果ある種の空間的構造を顕存化する系として、ベナール対流、液晶におけるウィリアムズ・ドメインのような電氣流体力学的不安定性による空間構造、ザボチンスキー反応など多くの例が挙げられるが、それらの散逸構造における空間的秩序度が、とり込むエネルギーと共にどう変わるかは必ずしも明らかでない。ここではプラズマ中のイオン音波の空間構造を例にとり、プラズマのイオン密度の空間相関がどう成長するかを実験的に調べた。

先ずプラズマ中のイオン音波の発生の様相を概念的に説明すると、図1のような円筒石英管に適当な圧力の中性原子気体を入れて電流を流すと、気体原子は電子との衝突によりイオン化